Aalto University

Lunastaako ledi lupaukset?
Uusinta tutkimustietoa ledilamppujen kehityksestä

Niko Rolamo

Sisältö

- Johdanto
  - Miksi korvata hehkulamppu ?
  - hehkulampun korvaaminen LEDillä
- Mittaustulokset
  - Valo- ja sähkötekniset ominaisuudet
  - Valotehokkuus ja energialuokat
  - Lamppujen valonjako
  - Valovirran alenema
  - Käyttöiän arviointi - käyttökustannukset
- Yhteenveto

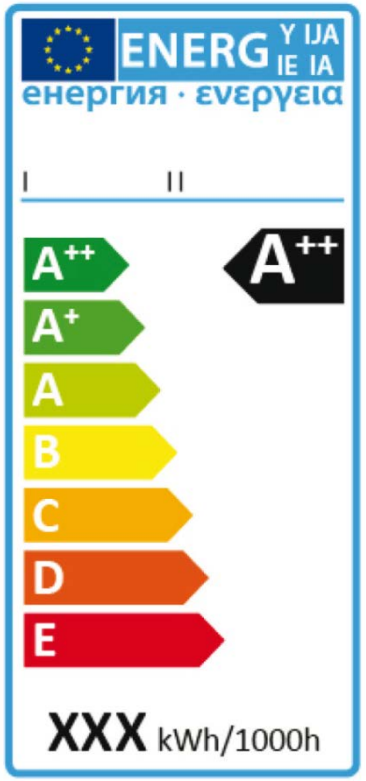
Miksi korvata hehkulamppu?

- Huono valotehokkuus - parempi lämmitin kuin valonlähde
- Valaistuksen energiankulutus [1][2]
  - Suomessa valaistuksen osuus sähkönkulutuksesta 10-12%,
  - Maailmanlaajuisesti n. 19%
- Lyhyt käyttöikä, n.1000 tuntia

➢ Euroopan Komission Asetus EC 244/2009:

- Energialuokat E-C poistuivat vaiheittain 2009-2016.
- Jäljelle jäävät energialuokat A++, A+, A ja B

→ Viimeisetkin hehkulamput poistuivat markkinoilta 2012



Hehkulampun korvaaminen LEDillä

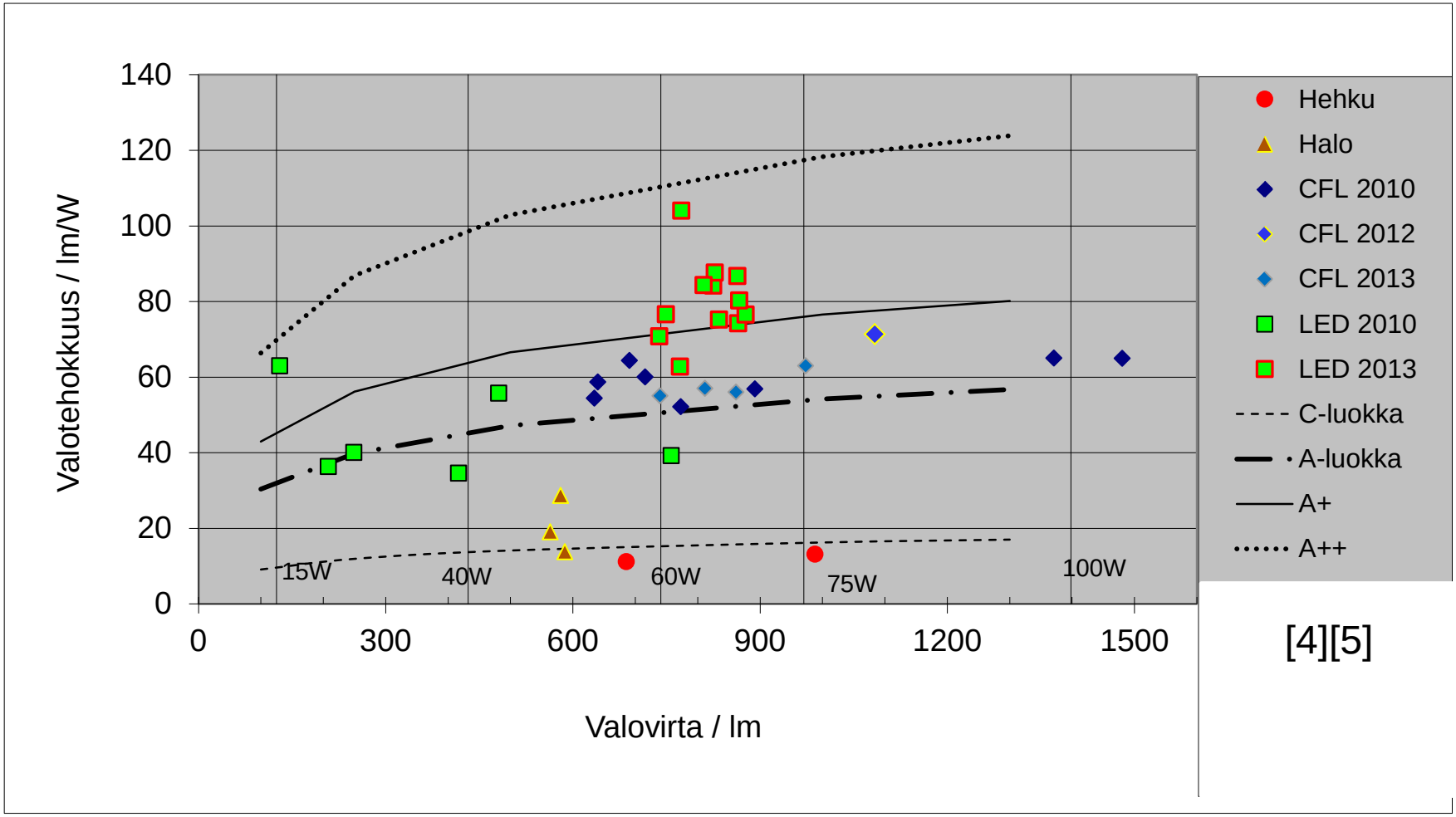
- Modernit LED-lamput – väitteitä
  - Pienloistelamput syrjäytymässä
  - Riittävä valotehokkuus?
  - Riittävät väriominaisuudet?
  - Riittävä käyttöikä?
  - Kohtuullinen hinta?
- LED-Lamput vs LED-valaisimet?
  - Pelkästään Suomen kotitalouksissa yli 45 miljoonaa E27 kantaa [3]
  - Tekniikka käyttäjän vaihdettavissa?
  - Jäähdytys?
- Erilaisia tekniikoita valkoiselle valolle
  - Phosphor conversion (PC)
  - Multichip (MC) ja semi-multichip (PC+R)

Mittaukset – valo- ja sähkötekniset ominaisuudet

Lamppu	Valovirta (lm, ka)	Teho (W, ka)	Tekniikka*	Valotehokkuus (lm/W)	Värilämpötila	CRI Ra	Himmen-nys?	Hinta € (4/2013)	Huom!
Airam MiniLED	749	9,8	2PC	77	2845	>81	Ei	24,95	
Biltema LED lamp	865	11,7	2PC	74	2730	>84	Ei	18,90	
Osram LED star A	877	11,5	2PC	77	2720	>83	Ei	29,50	
Philips LED lightbulb	825	9,8	2PC	84	2743	>82	Ei	26,95	
Airam Mini H	739	10,4	2PC	71	2764	>80	Ei	27,95	vanhempi malli
V-light LED lamp	834	11,1	PC+R	75	3334	>80	Kyllä	21,50	vaihtelua
Osram LED superstar	772	12,3	2PC	63	2761	>82	Kyllä	48,90	
Verbatim LED lamp	864	10,0	2PC	87	2950	>85	Ei	29,50	
Philips Master LED	867	10,8	2PC	80	2646	>82	Kyllä	38,71	
ElectroGear LED	828	9,4	2PC	88	3034	>85	Ei	15,90	Ei enää myynnissä
Viribright LED lamp	810	9,6	PC+R	84	3109	>82	Kyllä	17,90	Mahd. Vaarallinen tuote!
V-light LED lamp (Uudempi malli)	774	7,4	PC+R	104	2837	>88	Ei	17,90	Ei käyttöikäkokeessa

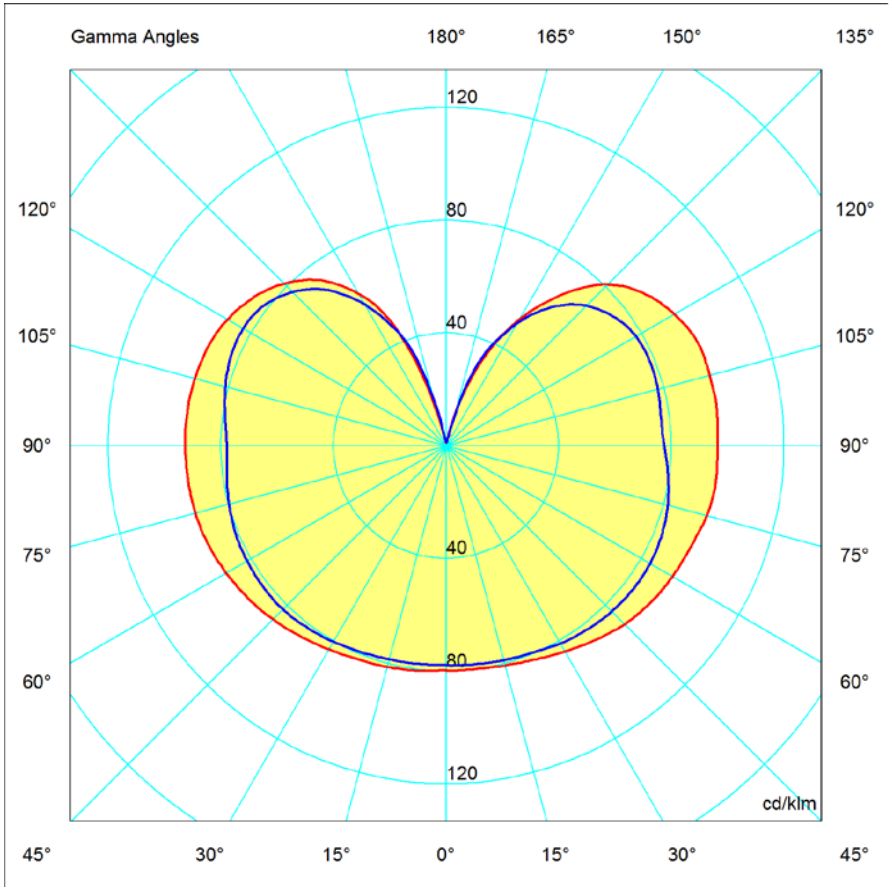
*) 2PC = sininen LED + tuplafosfori
PC+R = semi-multichip, sininen LED + keltainen fosfori + punainen LED

Mittaukset - valotehokkuus

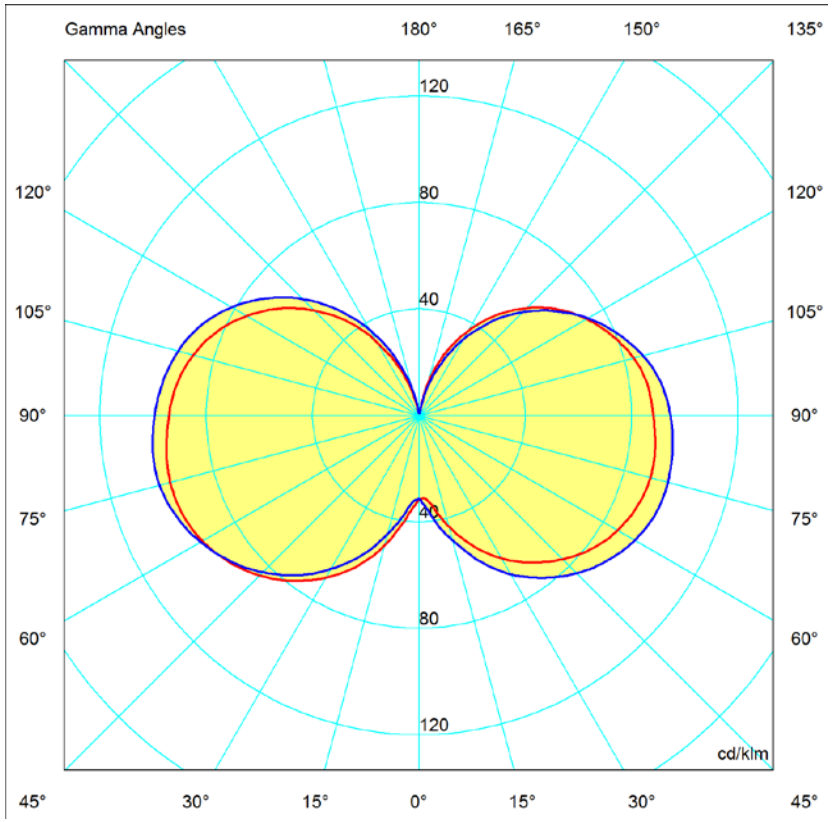


[4][5]

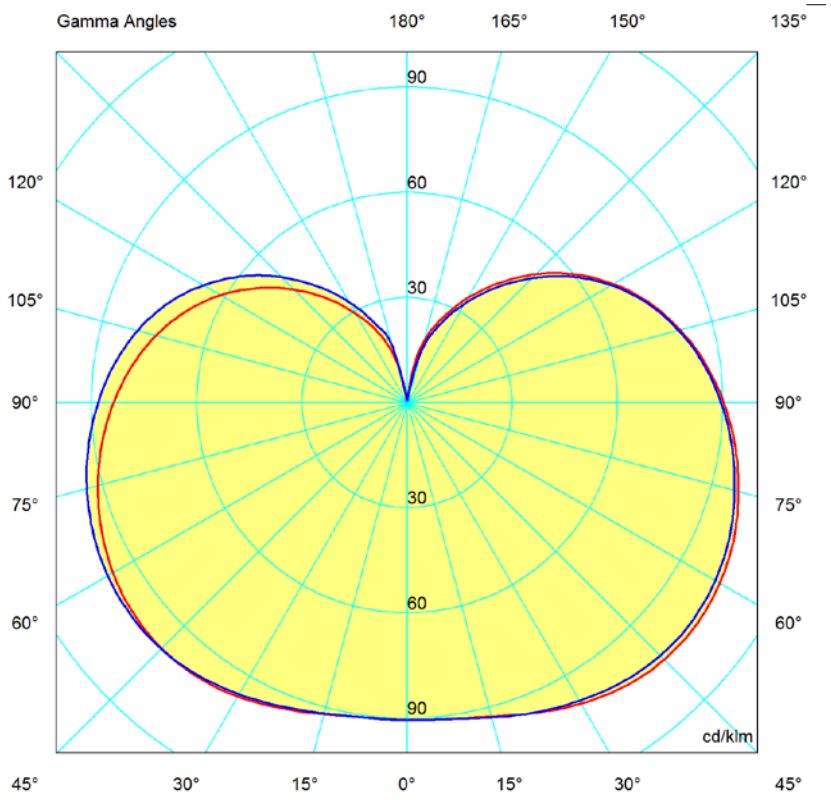
Mittaukset – lamppujen valonjako
Hehkulamppu



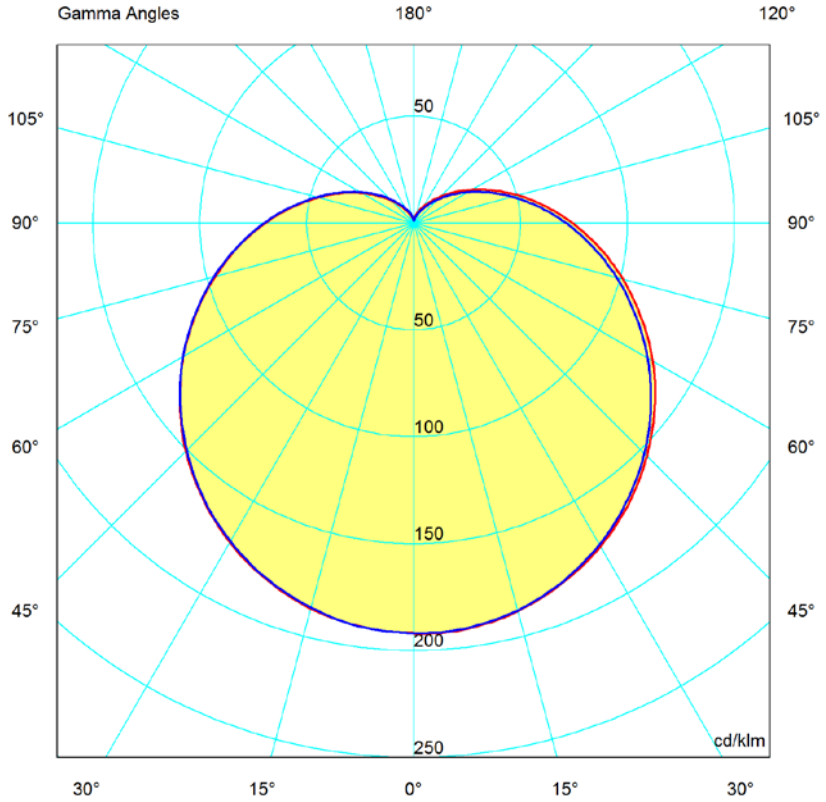
Mittaukset – lamppujen valonjako
Sauvamallinen pienloistelamppu



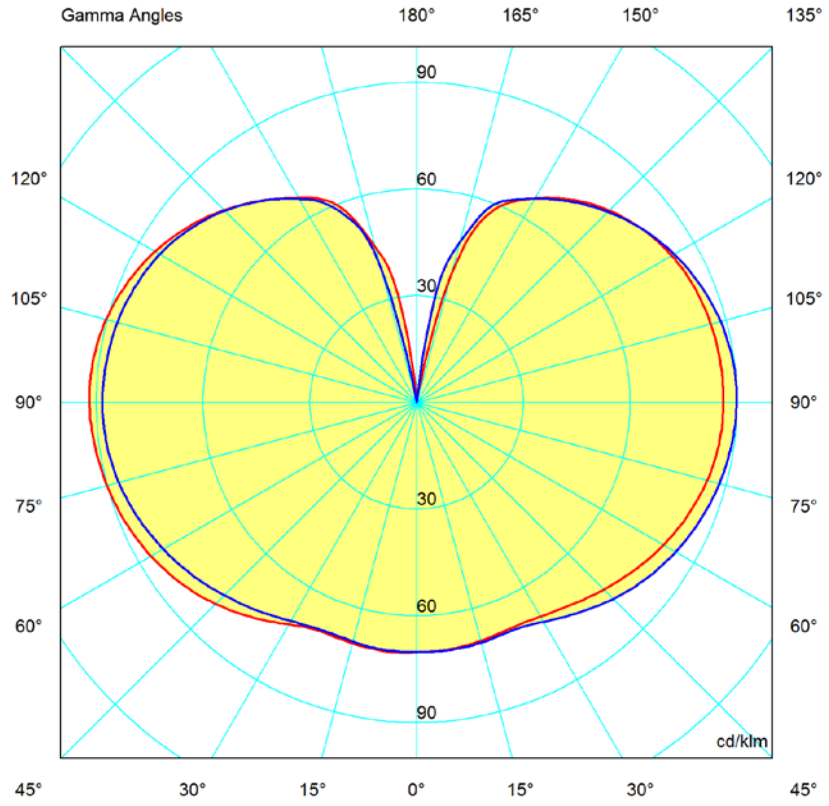
Mittaukset – lamppujen valonjako
Kuvullinen pienloistelamppu



Mittaukset – lamppujen valonjako
Puolipallokuvullinen LED lamppu

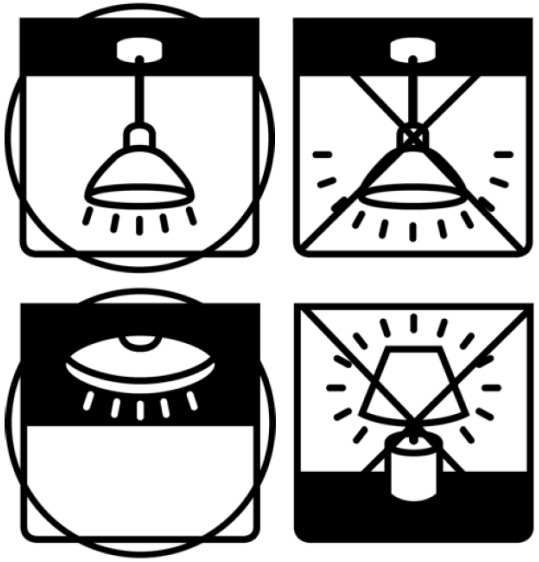


Mittaukset – lamppujen valonjako
Remote phosphor LED-lamppu



Mittaukset – lamppujen valonjako

- Valonjako vaikuttaa epäsuorasti energiankulutukseen
  - Päätyykö valo haluttuun paikkaan?
  - Suuntaava vs. ympärisäteilevä (directional vs non-directional)
  - Ei ilmene Eurooppalaisissa pakkausmerkinnöissä!
- USA:ssa Energy Star vaatii käyttökohdesymbolit epästandardimaisille lampuille
- Valaisinsymboleista apua lampun ostajalle?



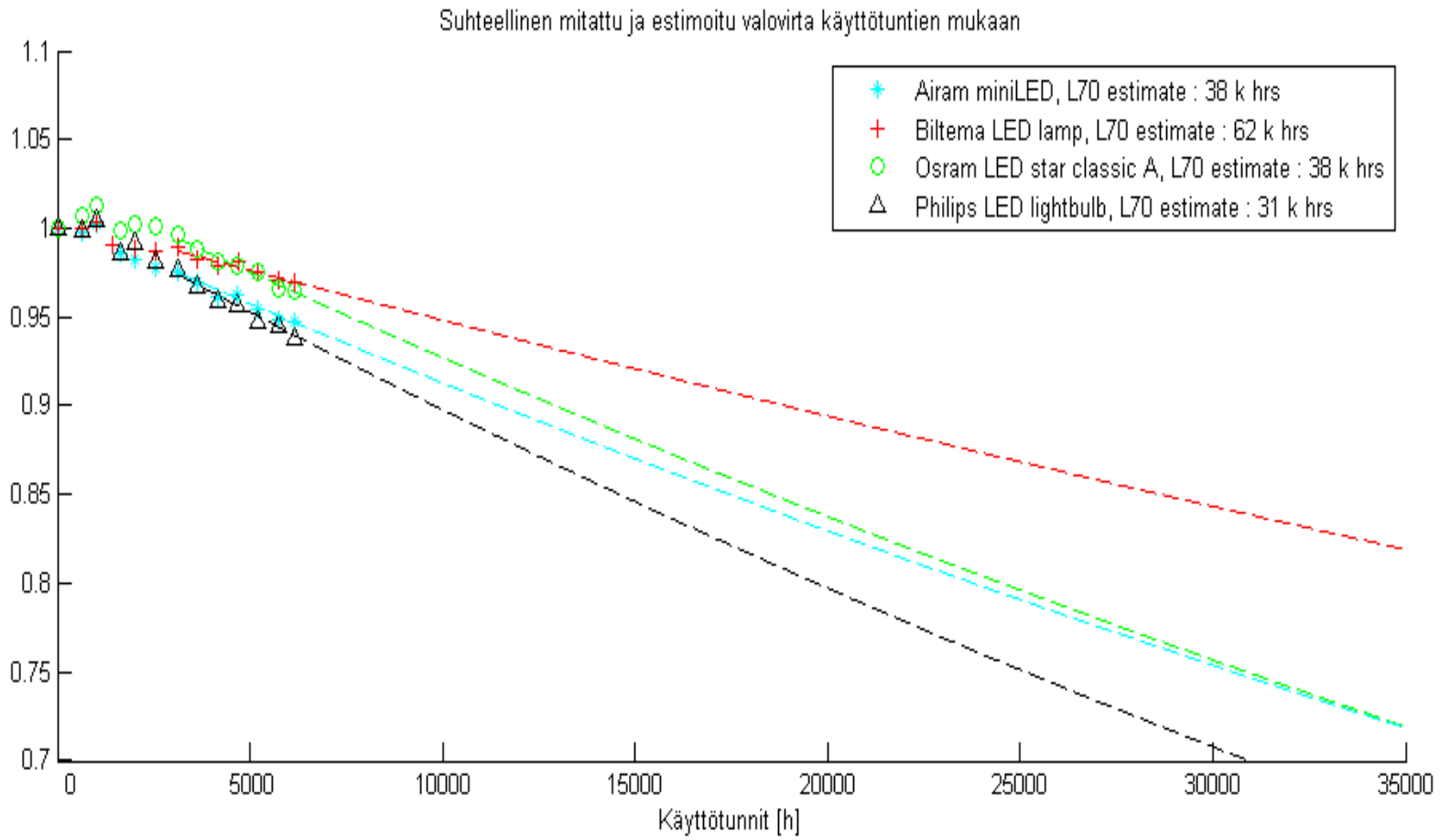
LED-lamppujen käyttöiän määritys

- Käyttöikä? Tälläkin hetkellä hieman sekava käsite
  - Valovirran alenema, rajana yleensä 70% alkuperäisestä valovirrasta. Valmistajat ilmoittavat yleensä L70/B50.
  - Aika vikaantumiseen (ei valoa)?
  - Tyypillisin vikaantumismekanismi?
- Suorituskyvyn testaaminen
  - Vaatimukset määritellään standardeissa, PAS 62612 (IEC 2009) tulossa käyttöön Euroopan Unionin alueella [6]
  - Käyttöiän laskemista valovirran alenemasta ei määritelty!
  - USA:ssa LM79-08, LM80-08, TM-21, Energy Star [7]

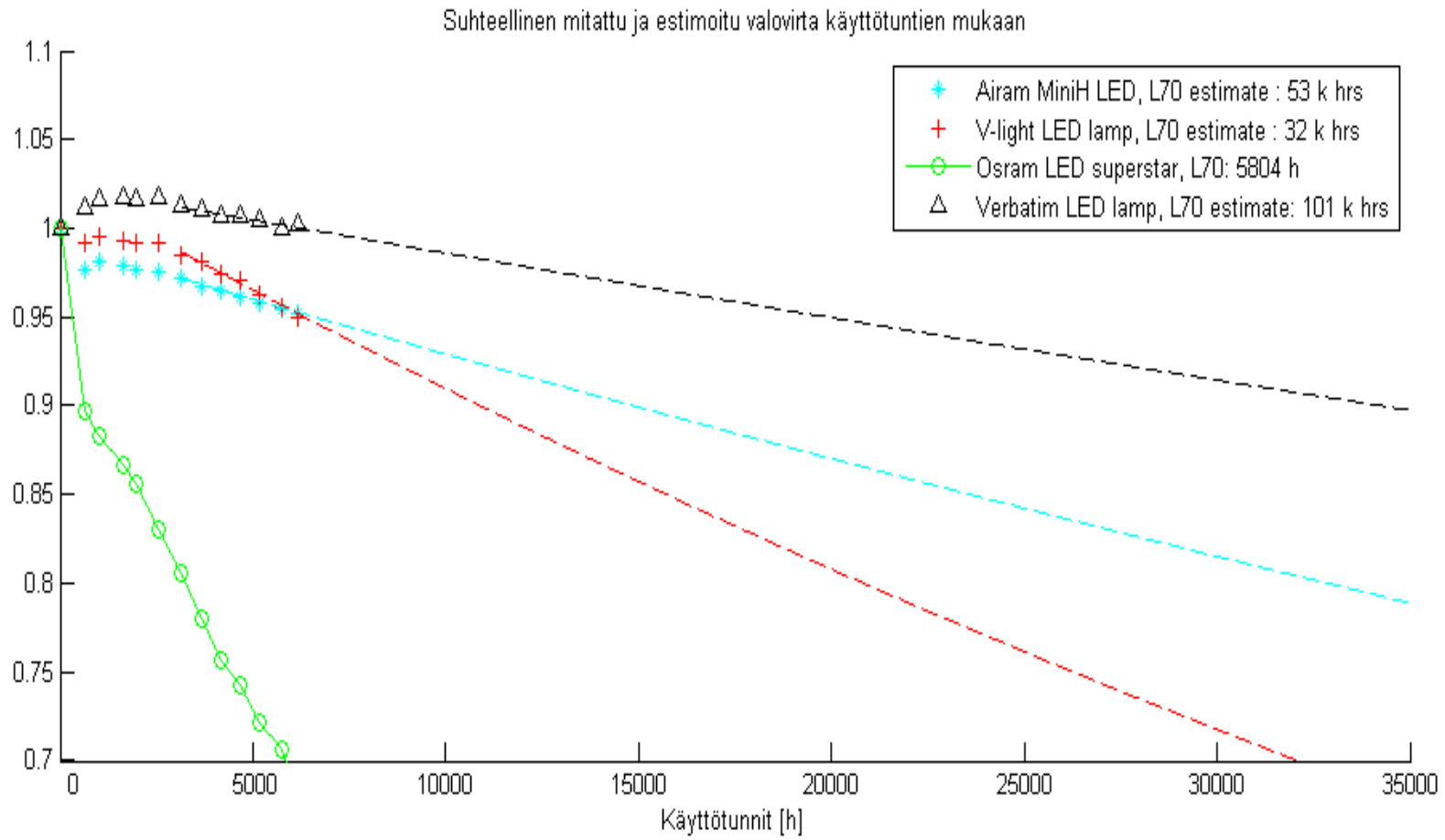
Mittaukset – valovirran alenema

- Polttokokeessa viiden lampun sarjoja
- Lamppuja poltettiin kanta ylöspäin 30°C lämpötilassa.
- Kunkin lampun valovirta ja muut ominaisuudet mitattiin n. 500 tunnin välein 6000 tuntiin saakka
- Mittasarjojen valmistuttua viimeiset 50% datapisteistä kustakin sarjasta käytettiin TM-21-metodin mukaiseen ekstrapolointiin
  - Huomioitavaa, että TM-21 on tarkoitettu LED-chippien ja moduulien arviointiin. Menetelmä ei välttämättä ole luotettava LED-lampuille
  - TM-21 ei myöskään suosittele ekstrapolointia alle 10 LEDin sarjoille. Toisaalta, ledilamput sisältävät 20-100 LED-chippiä!
  - Lisäksi näin saatu L70-arvo ei vielä kerro koko totuutta lamppujen käyttöiästä

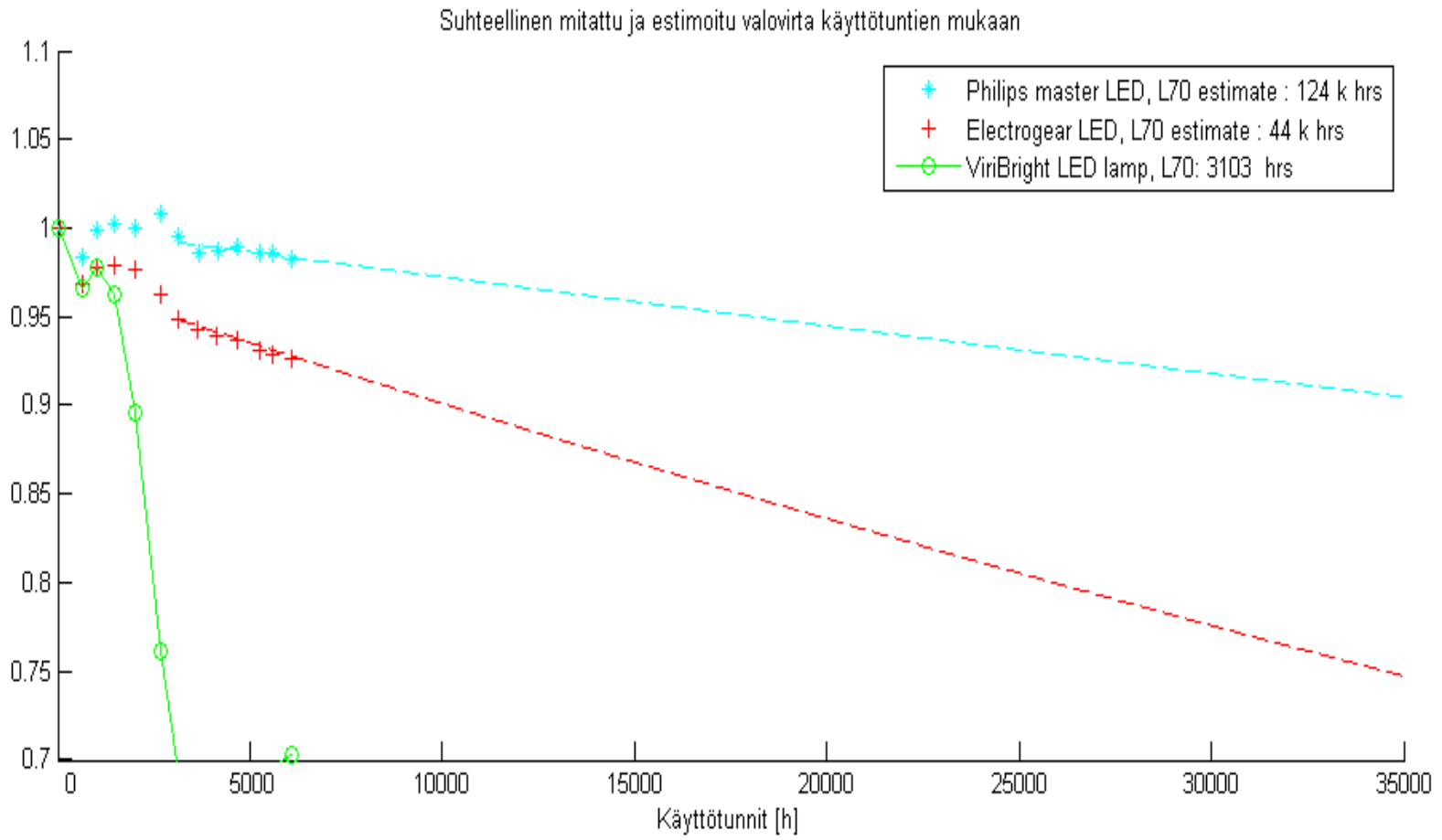
Mittaukset – valovirran alenema – sarja 1



Mittaukset – valovirran alenema – sarja 2



Mittaukset – valovirran alenema – sarja 3



Mittaukset – lamppujen käyttöikä

Lamppu	L70-arvo (laskettu)	L70-arvo	Vikaan -tuneet	Vika
Airam MiniLED	37747	33k	0	
Biltema LED lamp	61835	33k	0	
Osram LED star	37695	33k	1	liitäntälaite
Philips LED lightbulb	30957	31k	0	
Airam Mini H	53305	33k	0	
V-light LED lamp	32107	32k	2	liitäntälaite
Osram LED superstar	**5804**	**5804**	0	L70
Verbatim LED lamp	101040	33k	0	
Philips Master LED	124060	33k	0	
ElectroGear LED	43780	33k	1	mekaaninen
Viribright LED lamp	**3103**	**3103**	3	liitäntälaite + LED + L70

- Valovirran alenema pieni suurimmassa osassa lamppuja
  - Viribright ja Osram superstar saavuttivat L70-arvonsa testauksen aikana
- Muutamia vikaantumisia <8000h
  - ViriBright: vain kaksi toimivaa lamppua jäljellä
- Yleisin vikaantumissyy liitäntälaite

Käytönaikaiset kustannukset

- Yksinkertainen arvio osto-, käyttö- ja vaihtokustannuksista lampputyypeittäin
  - Sähkön hinta 0,1745 €/kWh [8]
  - Arvioidaan ainoastaan käyttötunteina, ei ajanjaksona -> ei annuiteettia
  - Hehkulamppuverrokin käyttöikä 1000 h
  - Energiansäästölamput mitattu työn yhteydessä, käyttöikä paremmin tunnettu, riippuu voimakkaasti sytytyskerroista!
  - Ostetaanko vaihtolamput kerralla?→ Samaa lamppua ei välttämättä enää saatavilla myöhemmin

Käytönaikaiset kustannukset 10000 tuntia

Lamp model	Type	Purchase price [€]	Estimated life [h]	lamps needed (10000h)	Power consumption [W]	Cost of electricity [€]	Cost of replacement [€]	Total cost [€]
Airam MiniLED	LED	24,95	37747	1	9,8	17,07	24,95	**42,02**
Biltema LED lamp	LED	18,90	61835	1	11,7	20,35	18,9	**39,25**
Osram LED star	LED	29,50	37695	1	11,5	20,00	29,5	**49,50**
Philips LED lightbulb	LED	26,95	30957	1	9,8	17,10	26,95	**44,05**
Airam Mini H	LED	27,95	53305	1	10,4	18,22	27,95	**46,17**
V-light LED lamp	LED	21,50	32107	1	11,1	19,37	21,5	**40,87**
Osram LED superstar	LED	48,90	5804	2	12,3	21,46	97,8	**119,26**
Verbatim LED lamp	LED	29,50	101040	1	10,0	17,38	29,5	**46,88**
Philips Master LED	LED	38,71	124060	1	10,8	18,85	38,71	**57,56**
ElectroGear LED	LED	15,90	43780	1	9,4	16,47	15,9	**32,37**
Viribright LED lamp	LED	17,90	3103	4	9,6	16,75	71,6	**88,35**
Airan Oiva 14W	CFL	4,5	8000	2	13,9	24,31	9	**33,31**
Airam longlife 15W	CFL	9,99	10000	1	15,3	26,70	9,99	**36,69**
Airam spiraali 14W	CFL	8,99	10000	1	15,4	26,87	8,99	**35,86**
Osram Dulux 14W	CFL	9,95	10000	1	13,5	23,61	9,95	**33,56**
Philips 60W clear	Inc.	0,5	1000	10	60,0	104,70	5	**109,70**

Käytönaikaiset kustannukset 30000 tuntia

Lamp model	Type	Purchase price [€]	Estimated life [h]	lamps needed (30000h)	Power consumption [W]	Cost of electricity [€]	Cost of replacement [€]	Total cost [€]
Airam MiniLED	LED	24,95	37747	1	9,8	51,20	24,95	**76,15**
Biltema LED lamp	LED	18,90	61835	1	11,7	61,04	18,9	**79,94**
Osram LED star	LED	29,50	37695	1	11,5	59,99	29,5	**89,49**
Philips LED lightbulb	LED	26,95	30957	1	9,8	51,30	26,95	**78,25**
Airam Mini H	LED	27,95	53305	1	10,4	54,65	27,95	**82,60**
V-light LED lamp	LED	21,50	32107	1	11,1	58,11	21,5	**79,61**
Osram LED superstar	LED	48,90	5804	6	12,3	64,39	293,4	**357,79**
Verbatim LED lamp	LED	29,50	101040	1	10,0	52,14	29,5	**81,64**
Philips Master LED	LED	38,71	124060	1	10,8	56,54	38,71	**95,25**
ElectroGear LED	LED	15,90	43780	1	9,4	49,42	15,9	**65,32**
Viribright LED lamp	LED	17,90	3103	10	9,6	50,26	179	**229,26**
Airan Oiva 14W	CFL	4,5	8000	4	13,9	72,92	18	**90,92**
Airam longlife 15W	CFL	9,99	10000	3	15,3	80,10	29,97	**110,07**
Airam spiraali 14W	CFL	8,99	10000	3	15,4	80,62	26,97	**107,59**
Osram Dulux 14W	CFL	9,95	10000	3	13,5	70,83	29,85	**100,68**
Philips 60W clear	Inc.	0,5	1000	30	60,0	314,10	15	**329,10**

Yhteenveto

- Modernit LED-lamput ovat täysin käyttökelpoisia valonlähteitä:
  - Valoa on riittävästi ja se on kohtuullisen laadukasta
  - Lamppujen energiatehokkuus huippuluokkaa verrattuna hehkulamppuun ja selkeästi pienloistelamppua parempi
  - Lamppujen käyttöikä vaikuttaisi olevan hyvin pitkä, mikä tasaa korkeampaa ostohintaa
  - Pienloistelamppu kannattaa vaihtaa ledilamppuun vasta rikkoutuessa, johtuen vielä alhaisemmasta ostohinnasta
- Tulevaisuuden näkymiä
  - Säädettävät lamput yleistyvät?
  - Internet of light?

KIITOS!

Lähteet

[1] Kotitalouksien sähkönkäyttö 2011. Tutkimusraportti 26.2.2013

[2] Guidebook on Energy efficient electric lighting for buildings, Summary report. L. Halonen, E. Tetri, P Bhusal. Espoo 2010

[3] Kotitalouksien ja toimistotilojen laitesähkön käytön tehostaminen, Työtehoseura 2002

[4] Hehkulamppujen korjaaminen sisävalaistuksessa, Diplomityö, Aalto-yliopisto, J. Raunio 2010

[5] LED-lamps – photometric and electrical performance, Diplomityö, Aalto-yliopisto, N. Rolamo 2014 (ei julkaistu)

[6] PAS 62612 (IEC 2009)

[7] IES TM21-11, Projecting long term lumen maintenance of LED light sources, Illuminating engineering society 2011

[8] Energiakatsaus, Työ- ja Elinkeinoministeriö, www.tem.fi/energiakatsaus, 1/2013